

算数・数学科以外の教科で使われている数学的表現 —中学校理科教科書における「ともなって変わる量」の記述の分析—

Mathematical Expressions used in Subjects other than Arithmetic
and Mathematics:

Analysis of Descriptions of Co-varying Quantities in
Junior High School Science Textbook

杉元 新一郎

Shinichiro MATSUMOTO

要約

中学校理科教科書の第1分野の物理的領域の記述において、算数・数学教育にとって指導の重点をおくべき「ともなって変わる量」に関わる記述を、文章表現ならびに表・式・グラフに関して調べた。その結果、文章表現については、2つの量の関係を表す明確な表現が少ないこと、「大きい」や「強い」が強調され「小さい」や「弱い」を対として表現しないことなど、算数・数学ではあまり見られない8つの特徴を特定した。また、表・式・グラフについては、実験結果を表にまとめて考察する場面が少ないこと、式表現は「センテンス型」のみであること、比例以外の関数表現になるグラフをほとんど扱わないこと、などが明らかとなった。

1. はじめに（研究の所在）

算数・数学教育において「ともなって変わる量」の指導は重要な位置を占める。小学校算数科では、4つの領域の1つの「数量関係」が3年から位置づけられているが、実際には小学校1年から1対1の対応や一つの数を他の数の和や差としてみる学習（たとえば、10を2つの数の和とみて補数関係を学習する）があり、「ともなってしまう量」の指導がはじまっているといつてよい。それは、各学年における「数量関係」の領域の指導にとどまらず「数と計算」「量と測定」「図形」の各領域の指導内容を理解する上でも重要である（文部省1999a）。また、中学校でも、3つの領域の1つとして「数量関係」が位置づけられており、そこでは、「伴って変わる二つの数量の変化や対応を、表、式、グラフなどによって調べることができるようにす

る。関数は表、式、グラフによって簡素・明瞭に表現されることを理解し、そのように表現することによって関数を能率的に調べることができるようにする。」ことが目標とされている。さらに、「さまざまな問題解決において、既知の事柄を使って未知の事柄について予測しようとしたり、より考えやすいものに移しかえて解決を図ろうとする考え方を養う。」（文部省1999b）とあり、算数・数学教育だけではなく、広い視野で問題解決をするためにも、ともなってしまう量について理解を深める必要がある。

ここで、「数量関係」における児童生徒の実態をみてみると、表1、表2のように、「戦後の算数・数学の達成度に関する調査の内容領域別問題数と平均正答率」（長崎2004）において、小学校5年生では、4つの領域のうち「数量関係」は「数と計算」の領域に続いて2番目の平均通

表1 戦後の算数の達成度に関する調査の内容領域別問題数と平均通過率

(長崎2004: 各調査の問題数・平均値は省略)

学年	数と計算		量と測定		図形		数量関係		合計	
	問題数	平均値	問題数	平均値	問題数	平均値	問題数	平均値	問題数	平均値
小学校第5学年	132	65.2	61	52.7	29	56.3	45	58.3	267	60.3
小学校第6学年	114	61.3	72	50.8	47	64.4	103	47.1	336	55.1

表2 戦後の数学の達成度に関する調査の内容領域別問題数と平均正答率

(長崎2004: 各調査の問題数・平均値は省略)

学年	数と式		図形		数量関係		集合と論理		合計	
	問題数	平均値	問題数	平均値	問題数	平均値	問題数	平均値	問題数	平均値
中学校第1学年	100	59.1	42	59.3	44	55.5	2	22.6	188	57.9
中学校第2学年	156	59.1	100	52.1	84	51.0	340	55.0
中学校第3学年	206	55.7	124	51.7	142	47.3	472	52.1

注)「集合と論理」は1966年の調査のみ実施

過率となっているが、小学校6年生以降、他の領域と比べて低い正答率になっている(「集合と論理」はデータ数が少ないため除く)。また、平成14(2002)年に実施された「国立教育政策研究所 教育課程実施状況調査」でも、中学校第3学年を除く学年で、「数量関係」の平均通過率が他のどの領域よりも一番低い平均通過率になっている(長崎2004)。このように、小学校・中学校を通して、数量関係の領域について十分な達成度に至っていない。

「ともなって変わる量」の学習状況を改善するには、算数・数学のカリキュラム・授業等の改善が必要であることは言うまでもないが、その学習は、算数・数学教育の中だけで行われるものではなく、多様な場面・教材で、多様な表現によって学習していくことで、概念形成がより一層豊かになると考える。「ともなって変わる量」は、他教科の学習、特に数学と関係の深い理科でも多く見られる。

2. 研究の目的

上記の研究の所在から、本研究では、理科教科書において、「ともなってかわる量」の記述に

どのような特徴が見られるかを分析することを目的とする。

学習指導要領に基づいて検定を受けた教科書は、学校教育において大きな位置を占める。また、教科書は生徒が授業で利用するだけでなく、自学自習として教科書を読むことも想定されている。したがって、教科書の記述を調べることによって、理科における「ともなって変わる量」の位置づけが明らかになると考えた。

そして、「ともなって変わる量」の表現を分析することによって、算数・数学教育の指導のあり方だけでなく、年間指導計画の策定などの際に理科との連携をとり、議論する材料となれらと考えた。

なお、算数・数学や理科の教科書の記述における先行研究は次のようなものが見られる。算数・数学では、たとえば、数学教科書を調査分析したもの(たとえば、久保他1994、富竹他1997、久保他2001、松元2001など)や理科教科書を調査分析したもの(たとえば、村井他1978、村井他1979、久田1980、大橋2002、安藤2004など)がある。これらの先行研究の中で、「数量関係」に関するものとして、久田(1980)、長崎

(2001) を上げることができる。久田 (1980) の論文では、中学校理科教科書における程度や量の強弱・大小などを表すことばの使われ方について出現率が調査・分析されているが、ともなってしまう量としての考察はおこなわれていない。また、長崎 (2001) は、小学校・中学校理科教科書における関係・関数の表現について調査・分析し、関係・関数の表現としてグラフが多いこと、文字式による関数表現がほとんどなくことばの式で表現されていること、比例・反比例は使われているが一次関数、2乗に比例などの中学校の内容が使われていないことなどを明らかにしている。しかし、本文の記述の中に含まれる「ともなってしまう量」についての分析は行われていない。そこで、筆者は、関係・関数表現のうちまだ分析されていない「ともなってしまう量」に関する文章表現について調べ、これに付随する表・式・グラフの表現についても調べることにした。

3. 研究の方法

中学校理科教科書における「ともなってしまう量」の扱いについて、特に数学との関係が深い第1分野の物理的領域に焦点をあて、「ともなってしまう量」の記述のうち、次の(1)(2)観点から調査・分析する。

- (1) 「ともなってしまう量」に関する文章表現をすべて拾い上げ、理科に特有な表現形式についてタイプを特定する。
- (2) 「ともなってしまう量」に関わる表・式・グラフなどについてどのように記載されているか、その特徴を分析する。

また、これらの分析を踏まえて、算数・数学教育からみた改善点を提言する。

分析の対象とした中学校理科教科書は、平成18年度使用教科書とし、教科書比較ではないので、5社のうち1社(啓林館)を選んで記述を調査し考察する。

調査範囲は、見返し、口絵、巻末資料、章末問題・節末問題などは除いた部分とし、平成18

年度使用教科書には「発展的な扱い」(学習指導要領外)に関する内容が含まれているが、教科書によって内容が異なるため、分析の対象から外すこととする。また、「ともなってしまう量」を考察の対象としているので、図については取り上げない。同様に、表については、「ともなってしまう量」についての表のみを取り上げることとする。

4. 調査の結果と分析

(1) 「ともなってしまう量」の文章表現について

A 2つの量の関係を表す明確な表現が少ないこと

ともなってしまう量の記述で、2つの量の関係をきちんと述べた表現は少なく、「同じである」「等しい」「一定に保たれる」「比例する」といった表現だけで、長崎 (2001) の指摘のように、数学で学習した「1次関数」「 $y = ax^2$ (2乗に比例する)」といった記述はない。

B 対象となる量が曖昧な文章がみられること

「容器の中の空気を少しずつつぶいていくと、音がしだいに小さくなっていくことから、空気が音を伝えていることがわかる。」(1分野上: 身近で起こる不思議な現象(光・音・力))とあるように、実験や観察で見ることができた現象を文章化することから始まることが多いので、対象となる量が曖昧となる。この場合は、空気が音を伝えていることが理解できればよく、「空気の量」と「音の大きさ」の関係を調べることが学習の対象となっていないので、このような表現になっている。

「ロープをはなすと、おもりが落下して打ちこむ。(1分野下: 運動とエネルギー)」では、何の量がどのように変化するのが明確になっていない。すなわち、事実のみが記されており、離す距離が変化すると打ちこみ方がどのように変化するのが考察の対象になってないということになる。

このように、算数・数学では、ともなってしまう

わる量を考える際、「どんな量」が変化する対象となるのかをまず考えるが、理科では必ずしもそのような表現になっていない。

C 「大きい」や「強い」が強調され、「小さい」「弱い」と対に表現しないことがあること

「ねんどを大きく変形したり、くいが打ちこまれる長さや木片が押し動かされる距離が大きいほど、物体のもっていた位置エネルギーは大きい。(1分野上:運動とエネルギー)」のように、独立変数にあたる量が大きいときに強調され、逆に小さいときの考察がなされないことがある。ある量が大きかったり小さかったりするときに、ともなってかわる量がどのように変化するかを考察したい。

D 2変量は明らかになっているが、関数関係が曖昧になっている記述がみられること

「ばねにつるすおもりをふやせばねにはたらく力を大きくすると、ばねののびは大きくなる。」(1分野上:身近で起こる不思議な現象(光・音・力))のように、従来であれば、フックの法則として比例していると記述できるところであるが、比例を使わずに表現している。

また、「圧力は、同じ大きさの力がはたらいていても、はたらく面積が小さいほど大きくなる。」(1分野上:身近で起こる不思議な現象(光・音・力))では、公式が示されているので、力の大きさを一定とすると、圧力は面積に反比例することが導ける。しかし、小学校算数で反比例を扱わなくなり、中学校1年で反比例が初出のため、指導順序の関係で反比例であることをまだ学習していないために、扱えなくなっている。

E ある量が2つの変数によって変化するという記述が見られること

以下の例は、3つの量 x 、 y 、 z があるとき、 $z = f(x, y)$ の関係を述べている。すなわち、ある量が2つの量にともなって変わる(多変数関数であること)を述べている。中学校までの算数・数学では、このような扱いはな

いので、生徒は混乱する可能性がある。

<例>

「電力は電圧が大きいほど、また、電流が強いほど大きくなる。(1分野上:電流とその利用)」
「磁界の強さは、電流が強いほど、また、コイルの巻き数が多いほど強くなる。(1分野上:電流とその利用)」

「位置エネルギーの大きさは基準面からの高さが高いほど大きく、また、質量が大きいほど大きいことがわかる。(1分野下:運動とエネルギー)」

「衝突する小球の速さが大きいほど、また、小球の質量が大きいほど、木片の移動距離が大きくなることがわかる。つまり、運動エネルギーの大きさは物体の速さが大きいほど大きく、また、質量が大きいほど大きいことがわかる。(1分野下:運動とエネルギー)」

F 1つの文章で、従属変数が複数ある記述が見られること

「電圧を大きくしたり電流を強くしたりすると、電力は大きくなり、1秒間に発生する熱量も大きくなる。1分野上:電流とその利用)」
この記述は、次の2つのとらえ方ができる。

4つの量 x 、 y 、 z 、 w があるとき、
(とらえ方1) $z = f(x, y)$ 、 $w = g(z)$ 、つまり、 $z = g(f(x, y))$ の関係、すなわち、ある量 z が2つの量 x と y にともなって変わり、さらに、別の量 w はある量 z にともなって変わる。
(とらえ方2) $z = f(x, y)$ 、 $w = g(x, y)$ 、すなわち、ある量 z が1つの量 x と y にともなって変わり、同様に、ある量 w が1つの量 x と y にともなって変わる。

これは、式で表現できない学習指導要領上の縛りがあるために、式で表現できず定性的に記述されており、やむを得ない。しかし、1文で3変数以上の変化の様子を捉えるのは非常に難しい。式で表現できないためにかえって生徒の理解を困難にしている可能性もある。実際には、

次のような関係があり、とらえ方1にあたる。

$$(\text{電力}) = (\text{電圧}) \times (\text{電流})$$

$$(\text{熱量}) = (\text{電力}) \times (\text{時間})$$

中学校までの算数・数学では、このような扱いはないので、生徒は混乱する可能性がある。

G ある変量を固定して、他の変量のともなうて変わる量についての記述がみられること

考察する変数が3つ以上あるために、そのうちの1つの変数を固定して観察実験することがあり、それを受けて、たとえば、「電力が同じときには、電流を流す時間が長いほど、発生する熱量は大きくなる。(1分野上:電流とその利用)」といった記述になっている。現実の事象を理想化・抽象化するときには、変数の制御しながら考察することは重要であり、数学でも意識して取り上げる必要がある。

H 数学科よりも理科の方が指導順序が早くなる可能性のある数学的内容があること

たとえば、「グラフの傾きである「電流÷電圧」が大きいほど電流が流れやすいことを示している。」(1分野上:電流とその利用)では、実験結果から得られた、電圧と電流の関係のグラフから、電流の流れにくさを考える場面である。今回分析している教科書会社が作成している年間指導計画案をみると、2学期制の場合も3学期制の場合も「電流とその利用」の単元を2年の4～6月としている。数学科ではグラフの傾きについては、2年の1次関数で考察するため、2年の4～6月では学習していない可能性が非常に高い。他社の理科教科書では、グラフの傾きという記述はなかったが、グラフの考察の中で、電流の流れにくさを考える際にグラフの傾きの議論がでてくることが想定される。

同様に、「等速直線運動では、物体の移動距離は経過した時間に比例する。(1分野下:運動とエネルギー)」においても、年間指導計画案をみると、2学期制の場合も3学期制の場合も「電流とその利用」の単元を3年の4～5月と想定している。数学科では斜面の落下運動については関数 $y=ax^2$ の単元の導入で扱うことが多

い。また、この単元で変化の割合や2乗に比例する学習も行うが理科の学習が先になる可能性が非常に高い。これらのことから、指導の際には数学と理科の担当教員で指導計画について情報校交換する必要がある。

(2) 「ともなうて変わる量」に関わる表・式・グラフについて

① 表について

表は、実験結果を記入させたり、あるいは、実験結果の例を明示する際に用いられることが多い。離散データであるために、そのようなデータから変化の様子を一般化することが理科特有である。ことばの表現としての「ともなうて変わる量」は随所にみられるが、それに比べて実験結果を表にまとめて考察する場面が少ない。

② 式について

18年度版の教科書の検定の元になっている学習指導要領(文部省1999c)は、「内容の取り扱い」で、たとえば、「実像と虚像を扱うが、レンズの公式は扱わないこと。また、像の位置、像の大きさの関係を実験により定性的に調べること。」や「電気抵抗」については、物質の種類によって抵抗の値が異なることを扱う程度とし、合成抵抗の式は扱わないこと。」などとあるように、定量的ではなく定性的に扱うよう歯止めをかけているために式表示が少なく、「多くなる」「大きくなる」「少なくなる」「小さくなる」といった抽象的な言い回しになっている。また、式は大きく分けて「フレーズ型(注1)」と「センテンス型(注2)」に分類できるが、「センテンス型」のみであった。

文字式で表現されるものはオームの法則と($V=R \times I$ または $I=V/R$)、直流回路・並列回路の電流と電圧の関係式($I_1=I_2=I_3$ 、 $V=V_1+V_2$ 、 $I=I_1+I_2=I'$ 、 $V=V_1=V_2$)だけで、あとはことばの式で表現されていた。数学で文字を使っているので、連携して文字で扱う力をつけたい。

また、式を使った計算例が1つしかなく、非常に少ない。簡単なことばの式や文字式であっても、具体的な数値の例を示しているのとは違うのでは生徒の理解が変わると考える。

③ グラフについて

グラフの書き方が丁寧に記載されている。数学における実験値についての扱いは第2学年の1次関数のところであるが、実験データの扱いに慣れていない数学の教員が多いので、大いに参考にすべき点である。

明示されたグラフ、また、実験結果から得られたデータを記入してグラフをかいたとき、音のグラフ（オシロスコープ：三角関数）以外は比例のモデルが大半で、1つだけ定数関数（等速直線運動における時間と速さのグラフ）になるものだけであった（注3）。

5. 算数・数学教育からみた改善できる点

4で分析したことを受けて、算数・数学教育で改善できる点を示すことにする。

提言1「ともなって変わる量」を2変量だけに限定しないこと

小学校算数や中学校数学では、学習対象となる関数が、比例、反比例、1次関数、関数 $y = ax^2$ と限定されているために、授業では学習する関数にあった2つの変量を考察の対象にする場合が大半である。しかし、理科では2変量だけではなく、3変量以上も扱っており、生徒は混乱する可能性がある。

そこで、算数・数学教育でも「ともなって変わる量」を2変量以外のものも扱えるとよい。たとえば、長方形の縦の長さを a 、横の長さを b のときの面積を S とすると、 $S = ab$ となり、「 a が大きいほど、また、 b が大きいほど S が大きくなる」あるいは「 S は a と b に比例（または複比例）する」といった学習を関数の単元で取り入れるのである。対象とする量は難しい量にする必要はなく、変量が多いときでも「ともなって変わる量」であることを意識させるのである。

このことによって、比例、反比例、1次関数、関数 $y = ax^2$ 以外にも関数があることがわかるだけでなく、また、多変数関数を意識することができることから、算数・数学教育にとってもよい効果をもたらすものと考えられる。

提言2「ともなって変わる量」の学習に理科で扱う量を取り入れること

「ともなって変わる量」そのものの実験や観察から得られた定性的な扱いまでは理科の授業でやっているの、そのデータ（表やグラフ）を算数・数学の授業で利用させてもらい、2変量の関係を更に追求していくことが考えられる。特に表の扱いは「大きい」や「強い」だけにとらわれずに、表の中の基準の値から表の右だけでなく左へ変化する見方や表を縦にみる見方（算数・数学の授業では当然行われている）を示して、理科で扱う「ともなって変わる量」の見方を豊かにするのである。

この際、特に中学校では専科制であるので、数学と理科の教員同士の年間指導計画などを含めた連絡・調整が不可欠である。このような連携によって、生徒も理科と数学が密接に関連していることを感じるができるであろう。

6. まとめと今後の課題

中学校理科教科書の第1分野（物理的領域）の記述において、ともなって変わる量に関わる記述について調査・考察してきた結果、文章表現については、「A：2つの量の関係を表す明確な表現が少ないこと」「B：対象となる量が曖昧な文章がみられること」「C：「大きい」や「強い」が強調され、「小さい」「弱い」と対に表現しないことがあること」「D：2変量は明らかになっているが、関数関係が曖昧になっている記述がみられること」「E ある量が2変量によって変化するという記述が見られること」「F：1つの文章で、従属変数が複数ある記述が見られること」「G：ある変量を固定して、他の変量のともなって変わる量についての記述がみられること」「H：数学科よりも理科の方が

指導順序が早くなる可能性のある数学的内容があること」といった8つの特徴がみられた。

また、「もとなつて変わる量」に関わる表・式・グラフ・図については、実験の数に比べて表にまとめて考察する場面が少ないこと、式表現は「センテンス型」のみであること、式を文字式で表現することが少ないこと、計算の具体例がほとんどないこと、実験値におけるグラフの書き方が算数・数学の教員にとって参考になること、比例以外の関数表現になるグラフがほとんど扱わないこと、などがわかった。

これらの特徴を算数・数学と理科で共有し、それぞれの教科の特性を生かしつつ、子どもにとって齟齬のない指導をするための情報交換の場をつくる必要がある。

今回は、物理的領域の分析であったので、他の領域における数学的表現を分析することが今後の課題である。

注記

- 1) フレーズ型の式とは、集合の要素を対象記号と操作記号で表された式のこと。たとえば、操作を表す式 $(a + b)$ 、量を表す式 $(331 + 0.6 t \text{ (m/秒)})$ など。
- 2) センテンス型の式とは、相等関係や大小関係など、関係を表した式のこと。たとえば、恒等式 $(a + b = b + a)$ 、方程式 $(3x + 1 = 8)$ 、関数の式 $(V = I \times R)$ など。
- 3) グラフのかき方の頁で、混合物を加熱したときの温度変化のグラフが示されているが化学的領域の内容なので分析の対象から省いた。

引用・参考文献

- ・東洋、大橋秀雄、戸田盛和編 (1991)「理科教育事典 教育理論編」大日本図書 pp.38-56, 63-81, 101-114.
- ・安藤秀俊 (2004)「中学校理科教科書に掲載されている観察・実験の実施状況」理科教育研究Vol.44, No.3, pp.35-42.
- ・久田隆基 (1980)「中学校理科教科書における程度や量の強弱・大小などを表すことばの使われ方」日本教科教育学会誌5巻(3号), 27-40.
- ・啓林館 平成18年度 年間指導計画案
<http://www.shinko-keirin.co.jp/j-science/chugaku/science/dl.html>
- ・久保良宏、久永靖史、杢元新一郎、長崎栄三 (1994)「中学校数学科教科書における課題学習の現状と今後のあり方」日本数学教育学会誌 vol.76 no.33 pp.36-40.
- ・久保良宏、長崎栄三、五十嵐一博、牛場正則、島崎晃、島田功、西村圭一、牧野宏、杢元新一郎 (2001)「数学と社会のつながりに関する中学校・高校の数学教科書の分析」日本数学教育学会 数学教育論文発表会論文集 pp.289-294.
- ・杢元新一郎 (2001)「中学校数学科教科書における近似値・誤差の扱いの変遷—戦後から現在にかけて—」『算数・数学科における総合的な学習』国立教育政策研究所科研報告書 pp.173-183.
- ・文部省 (1999a)「小学校学習指導要領解説 算数編」224p.
- ・文部省 (1999b)「中学校学習指導要領 (平成10年12月) 解説—数学編—」178p.
- ・文部省 (1999c)「中学校学習指導要領 (平成10年12月) 解説—理科編—」162p.
- ・村井 護・江口 洋 (1978)「理科教科書分析—その文章構造の統計的分析—」日本教科教育学会誌3巻(3号) pp.31-39.
- ・村井護安・首藤洋一 (1979)「理科教科書分析：その内容の図式表示について」日本教科教育学会誌4巻(1号) pp.31-36.
- ・長崎栄三 (2001a)「理科で使われている関係・関数の表現」『算数・数学科における総合的な学習』国立教育政策研究所科研報告書 pp.184-188.
- ・長崎栄三 (2001b)「算数・数学科及び理科の教科書における「近似的な扱い」」『算数・数学科における総合的な学習』国立教育政策研

研究所科研報告書 pp.165-172.

- ・長崎栄三（研究代表者）（2004）「算数・数学教育の内容とその達成度」国立教育政策研究所 pp.47-73.

- ・富竹徹、柏元新一郎、長崎栄三（1997）「日本・アメリカ・イギリスの数学科教科書における社会的文脈の扱い方の比較研究」日本科学教育学会論文集21 pp.34-38.

別表1 身近な物理現象における「ともなって変わる量」の表現（1分野上）

注1）「①ともなって変わる量の文章記述」において、一より右側のA～Hの記号は、本文の記号と対応しており、複数の場合もある。

注2）「②表・式・グラフなどの表現」において、一より右側は、筆者のコメントである。

<p><光></p>
<p>①ともなって変わる量の文章記述</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鏡に入る光の角度Aと鏡ではね返った光の角度Bはいつも等しいといえる。→A ・どんな角度で入射しても、入射角と反射角は等しくなる。→A ・空気や水やガラスへ光が進むときには、屈折角が入射角より小さくなる。反対に水やガラスから空気へ進むときには、光は図6と逆の道すじを通り、屈折角が入射角より大きくなる。→D ・焦点距離は凸レンズのふくらみの程度によって異なる。ふくらみが大きいほど焦点距離は短くなる。→B、C <p>②表・式・グラフなどの表現</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表（実験1：角度を記入する） ・表（実験結果）（レポートの例として） ・2次元表（実験3 結果を記入する） → 数値と他 ・2次元表（実験結果を記入する） → 数値と他
<p><音></p>
<p>①ともなって変わる量の文章記述</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ワイングラスを水でぬらした指で軽くこすると、グラスが振動して音が発生する。このように、音は物体が振動することによって発生する。→B ・容器の中の空気を少しずつぬいていくと、音がしだいに小さくなっていくことから、空気が音を伝えていることがわかる。→B ・弦や音さが振動して音を出すとき、振れ幅の大小や振動が速いかおそいかによって、音の大きさや高さがちがってくる。→D ・振り幅が大きいほど、音は大きくなる。振動数が多いほど、音は高くなる。→D ・モノコードの弦を強くはじくほど、弦の振幅が大きくなって、音が大きくなる。モノコードのはじく部分の弦の長さを短くするほど、また、強くはるほど、弦の振動数が多くなり、音が高くなる。→B <p>②表・式・グラフなどの表現</p> <ul style="list-style-type: none"> ・音の速さの公式 音の速さ[m/秒]=AB間の距離[m]/音がAB間を伝わる時間[秒] → センテンス型・ことばの式 ・写真（横軸：時間、縦軸：振れ幅、コンピュータの画面） → グラフの代用（三角関数） ・写真（横軸：時間、縦軸：振れ幅、オシロスコープの画面） → グラフの代用（三角関数） ・グラフ（音の大きさと高さ） → 単元のまとめ（三角関数）
<p><力></p>
<p>①ともなって変わる量の文章記述</p> <ul style="list-style-type: none"> ・加える力が大きいほど、棒高とび用の棒は大きく変形するし、飛んできたサッカーボールの動きは大きく変わる。また、ハードルが重くなるほど、人が支えるのにより大きな力が必要となる。→B、C ・物体に力を加えると、力は物体に次のようなはたらきをする。① 物体を変形させる。② 物体を支える。③ 物体の動きを変える。→B ・ばねにつるすおもりをふやしてばねにはたらく力を大きくすると、ばねののびは大きくなる。→D ・矢印の長さは、力の大きさに比例するように決める。→A ・同じ人がスポンジの上にたっても、人がスポンジに加える力のはたらく面積が違っていると、スポンジのへこみ方が違う。→B、G ・同じ大きさの力でも、力のはたらく面積が小さいほど、スポンジのへこみ方は大きくなる。→B、G ・圧力は、同じ大きさの力のはたらく面積が小さいほど大きくなる。→D、G <p>②表・式・グラフなどの表現</p> <ul style="list-style-type: none"> ・圧力の公式 圧力 [N/cm²] = 力の大きさ [N]/力のはたらく面積 [cm²] → センテンス型・ことばの式

別表2 「電流とその利用」における「ともなって変わる量」表現（1分野上）

<p><電気></p>
<p>①ともなって変わる量の文章記述</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラスチックの下じきにたまっていた静電気がネオン管や蛍光灯に移動して、管内に電流が流れたからである。→B <p>②表・式・グラフなどの表現</p> <p>なし</p>
<p><電流の性質></p>
<p>①ともなって変わる量の文章記述</p> <ul style="list-style-type: none"> ・豆電球の直列回路では、回路のどの点でも電流の強さは同じである。→A ・豆電球の並列回路では、枝分かれした電流の強さの和は、分かれる前の電流の強さや、合流した後の電流の強さに等しい。→A ・豆電球に乾電池を1個つないだときよりも、乾電池2個を直列につないだときのほうが、豆電球には強い電流が流れ、明るくなる。これは、乾電池1個よりも2個直列につないだ方が、回路に電流を流そうとするはたらきが強いからである。→B、C ・豆電球の直列回路では、それぞれの豆電球に加わる電圧の和が乾電池の電圧に等しい。→A ・豆電球の並列回路では、それぞれの豆電球に加わる電圧は同じで、それらは乾電池の電圧に等しい。→A ・豆電球に加わる電圧が大きいほど、豆電球を流れる電流は強くなった。→B、C ・抵抗器や電熱線を流れる電流は、それらに加える電圧に比例することがわかる。→A ・グラフの傾きである「電流÷電圧」が大きいほど電流が流れやすいことを示している。→D、H ・この値（電圧÷電流）が大きいほど、電流が流れにくい。→D ・2個の抵抗器を直列につなぐと、全体の抵抗はそれぞれの抵抗より大きくなり、2つの抵抗の和になる。→A ・2個の抵抗器を並列につなぐと、全体の抵抗はそれぞれの抵抗より小さくなる。→D <p>②表・式・グラフなどの表現</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表（区間による電圧を調べて記入） ・表（電圧・電流の関係を調べて記入） ・グラフのかき方 → 比例（混合物を加熱したときの温度変化のグラフが示されているが化学的領域の内容なの分析の対象から省く） ・表（電圧・電流の関係を記入済み） ・グラフ（抵抗器A、抵抗器Bのグラフ） → 比例 ・電気抵抗の公式 電気抵抗 [Ω] = 加えた電圧 [V] / 流れた電流 [A] → センテンス型・ことばの式 ・オームの法則 $V = R \times I$ または $I = V / R$ → センテンス型・文字式
<p><電気の利用></p>
<p>①ともなって変わる量の文章記述</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電球や蛍光灯では、表示されたWの数字（W数）が大きいほど明るい。→B、C ・同じ条件では、ヒーターに表示されたW数が大きい方が、より速く水の温度を上昇させることができる。すなわち、W数の大きい方が、熱を発生させるはたらきが大きいといえる。→C ・W数：小→光の発生が少ない（暗い）。熱の発生が少ない。W数：大→光の発生が多い（明るい）。熱の発生が多い。→B ・電力は電圧が大きいほど、また、電流が強いほど大きくなる。→C、E ・電力が大きいほど、発生する光や熱、音、力などが増加するため、電気器具のはたらきが大きくなる。→C ・電圧を大きくしたり電流を強くしたりすると、電力は大きくなり、1秒間に発生する熱量も大きくなる。→C、F ・電力が同じときには、電流を流す時間が長いほど、発生する熱量は大きくなる。→C、G ・磁石の極の近くのように磁力線の間隔がせまい所は磁界が強く、大きな磁力をおよぼす。逆に、極から遠く、磁力線の間隔が広い所は磁界が弱く、磁力も小さい。→B、F ・磁界の強さは、電流が強いほど、また、コイルの巻き数が多いほど強くなる。→C、E ・コイルに鉄心を入れると、磁界はさらに強くなる。→B ・電流や磁界を強くすると、力は大きくなる。→C、E ・磁石を速く動かす（コイルの中の磁界を速く変化させる）ほど、誘導電流は強い。→B、C ・磁石の磁力が大きいほど、誘導電流は強い。→C ・コイルの巻き数が多いほど、誘導電流は強い。→C <p>②表・式・グラフなどの表現</p> <ul style="list-style-type: none"> ・グラフ（W数の違うヒーターで水を加熱したときの水温の変化） → 比例 ・直列回路の電流と電圧の関係式（$I_1 = I_2 = I_3$、$V = V_1 + V_2$） → 単元のまとめ・センテンス型・文字式 ・並列回路の電流と電圧の関係式（$I = I_1 + I_2 = I'$、$V = V_1 = V_2$） → 単元のまとめ・センテンス型・文字式

別表3 「運動の規則性」における「ともなって変わる量」の表現(1分野下)

<p>＜速さと運動の調べ方・力と運動＞</p> <p>①ともなって変わる量の文章記述</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運動している物体の速さは、一定時間(1秒間、1分間、1時間など)に移動する距離で表される。→D ・テープが長いほど0.1秒間に台車が移動した距離は大きくなり、速さが大きいことがわかる。→C、F ・テープの上端が右上がりになっていけば時間とともに速さが大きくなっていることが、右下がりになっていけば速さが小さくなっていることが、また、水平になっていけば速さが一定であることがわかる。→D ・斜面の傾きが同じであれば、台車が斜面のどこにあっても、台車は斜面にそって下向きに同じ大きさがはたらくことがわかる。また、斜面の傾きを大きくしていくと、台車にはたらく斜面下向きの力がしだいに大きくなる。→C、D、G ・台車にはたらく重力は斜面の傾きに関係なく一定であるが、傾きが大きくなるほど、台車の運動に関係する、斜面下向きの力は大きくなる。→C、D ・斜面の傾きが大きくなると、速さの増え方が大きくなる。→C、D ・<u>①</u> 運動の向きに力がはたらき続けると、物体の速さは大きくなっていく。<u>②</u> 運動の向きと逆向きに力がはたらき続けると、物体の速さは小さくなっていく。<u>③</u> 同じ物体では、速さの変化する割合は、はたらく力が大きいほど大きくなる。→D、H、G ・等速直線運動では、物体の移動距離は経過した時間に比例する。→A <p>②図・表・式・グラフなどの表現</p> <ul style="list-style-type: none"> ・速さの公式 速さ[m/秒]=移動時間[m]÷移動にかかった時間[秒] → センテンス型・ことばの式 ・記録タイマーから速さを求める式の例 $3.0\text{cm}/0.1\text{秒}=30\text{cm}/\text{秒}$ →センテンス型 ・記録表(移動距離と速さ) ・グラフ(2つのグラフ:時間と距離) → 比例 ・表(ドライアイスの動き:時間と距離) ・グラフ(ドライアイスの動き:時間と速さ) → 定数関数 ・グラフ(ドライアイスの動き:時間と距離) → 比例 ・移動距離の公式 移動距離[m]=速さ[cm]×時間[秒] → センテンス型・ことばの式 	<p>＜力学的エネルギー＞</p> <p>①ともなって変わる量の文章記述</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運動している物体は他の物体にぶつかり、これに力をおよぼして動かしたり、変形させたり、こわしたりすることができる。→B ・このような能力が大きいほど、物体のもっているエネルギーは大きいという。→B、C ・ある高さに置いた物体をねんどの上に落とすとねんどうが変形することや、斜面に置いた物体が動きだして、基準面に置いた物体にあたると、これを動かすことができる。→B ・ねんどうを大きく変形したり、くいが打ちこまれる長さや木片が押し動かされる距離が大きいほど、物体のもっていた位置エネルギーは大きい。→C ・ロープをはなすと、おもりが落下して打ちこむ。→B ・位置エネルギーの大きさは基準面からの高さが高いほど大きく、また、質量が大きいほど大きいことがわかる。→C ・基準面からの高さが小さくなるにしたがって速さが大きくなり、基準面では速さは最大になって、その後、厚紙や木片に衝突している。→D ・衝突する小球の速さが大きいほど、また、小球の質量が大きいほど、木片の移動距離が大きくなる。つまり、運動エネルギーの大きさは物体の速さが大きいほど大きく、また、質量が大きいほど大きいことがわかる。→C、E <p>②表・式・グラフなどの表現</p> <ul style="list-style-type: none"> ・グラフ(高さや移動距離の関係) → 比例 ・グラフ(質量と移動距離の関係) → 比例 <p>＜いろいろなエネルギーとその移り変わり＞</p> <p>①ともなって変わる量の文章記述</p> <ul style="list-style-type: none"> ・熱によって発生した水蒸気が押す力で物体を動かしているといえる。→B ・電気は熱に変換されて利用されている。→B ・光電池に光をあてると電圧が生じてモーターに電流が流れ、物体を引き上げることができる。→D ・石油や都市ガスなどの燃料を燃やすと、大量の熱が発生する。→B ・大きな音が出ているスピーカーの前に紙片をあてると、紙片は振動する。→B ・引きのばされたばねやゴムは物体を動かすことができる。→B
---	--

- ・ジェットコースターが高い所から低い所へ運動するとき、位置エネルギーが運動エネルギーへと移り変わっていった。→D
- ・熱を加えることで動くポンポン船では、熱がポンポン船の運動エネルギーに変換されたといえる。→D
- ・電熱器では電気エネルギーが熱エネルギー（熱）に変換されたといえる。→D
- ・エネルギーはちがう種類のエネルギーに変換することができる。→D
- ・発電機は運動エネルギーを電気エネルギーに変換することができる装置である。→D
- ・エネルギーの種類は変わっても、その総量は変化しないで、つねに一定に保たれる。→A

②表・式・グラフなどの表現

- ・なし